



## PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE EQUILÍBRIO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

C. G. S. Teles Junior<sup>1\*</sup>, M. O. Vilela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia- Instituto de Ciências Agrárias- Campus Belém

<sup>2</sup>Universidade Federal de Viçosa-Departamento de Engenharia Agrícola, Campus Viçosa

*Article history:* Received 21 January 2020; Received in revised form 03 February 2020; Accepted 02 March 2020; Available online 31 March 2020.

### RESUMO

A umidade de equilíbrio é um conceito importante em pós-colheita, pois está diretamente relacionada a secagem e a armazenagem dos grãos. O objetivo do presente trabalho consiste em desenvolver uma ferramenta computacional para auxiliar no cálculo da umidade de equilíbrio de diferentes produtos agrícolas. O programa computacional para a determinação da umidade de equilíbrio de produtos agrícolas (UeGrão) foi desenvolvido usando a linguagem de programação C# no ambiente de desenvolvimento Integrado (IDE) Microsoft Visual C# 2010 Express. A interface gráfica do programa é dividida basicamente em três janelas, sendo a primeira delas, uma janela inicial, a partir da qual é aberta a janela principal, onde é feita a entrada de dados e o processamento para o cálculo da umidade de equilíbrio do produto selecionado, e a janela 3 que é uma janela de informação, trazendo uma apresentação mais detalhada do software desenvolvido. O programa computacional desenvolvido é de fácil manuseio e bem intuitivo para o usuário, constituindo uma ferramenta útil que pode ser usada por pesquisadores, estudantes e produtores, para avaliar as condições de seus produtos armazenados.

**Palavras-chave:** ferramenta computacional, pós-colheita, produção agrícola

### COMPUTATIONAL PROGRAM TO DETERMINE THE AGRICULTURAL PRODUCTS EQUILIBRIUM MOISTURE

### ABSTRACT

The equilibrium moisture is an important post-harvest concept, since it is directly related to the grains drying and storage. The aim of this study was to develop a computational tool to help calculate the equilibrium moisture of different agricultural products. The software for the determination of agricultural products equilibrium moisture (UeGrão), was developed using the C# programming language in the Microsoft Visual C# 2010 Express Integrated Development Environment. The software graphical interface is basically divided into three windows, the first is an initial window, from which the main window is opened and window 3 which is an information window, bringing a more detailed presentation of the developed software. The developed software is easy to use and intuitive for the user, constituting a useful tool that can be used by researchers, students and producers to evaluate the conditions of their stored products.

**Keywords:** agricultural production, computational tool, post-harvest

---

\* [carlosgutembergjr@hotmail.com](mailto:carlosgutembergjr@hotmail.com)

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos líderes mundiais na produção de grãos, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a safra 2019/2020 de grãos deve atingir a impressionante marca de 245,8 milhões de toneladas, o que equivale a um aumento de 1,6%, ou seja, 3,9 milhões de toneladas a mais em relação à safra 2018/2019 (EBC, 2019).

Apesar desses bons índices produtivos, deve-se ter grande atenção a qualidade dos grãos na fase de pós colheita, buscando evitar que o produto perca qualidade e se deteriore durante o processamento e armazenamento. De acordo com ALENCAR et al. (2009) a qualidade do grão é um parâmetro que tem grande influência no processamento e comercialização dos grãos, impactando no valor final do produto.

Segundo CARVALHO et al. (2018), os grãos e seus subprodutos são materiais higroscópicos, ou seja, tendem a absorver ou ceder água ao ambiente onde está armazenado, buscando sempre manter uma relação de equilíbrio entre os teores de umidade do grão e do ar ambiente. O sentido e intensidade do fluxo de vapor de água entre a massa de grãos e o ar intergranular varia em função da diferença de pressão de vapor na superfície do produto e no ar intragranular, podendo acarretar três situações: secagem (pressão

de vapor do ar seja menor que a pressão de vapor na superfície do grão) umedecimento (pressão de vapor do ar maior que a pressão na superfície do grão) e equilíbrio higroscópico (pressão de vapor do ar igual a pressão de vapor na superfície do grão) (CORRÊA et al, 2005; SILVA et al, 2015).

Nesse sentido a umidade de equilíbrio é um conceito importante em pós-colheita, pois está diretamente relacionada à secagem e a armazenagem dos grãos, e é útil para avaliar o período de armazenagem segura e estimar o tempo de secagem dos grãos, determinando se o produto ganhará ou perderá umidade em função das condições de temperatura e umidade relativa do ar (SILVA et al., 2008). PARAGINSKI et al. (2018) destacam que o conhecimento de informações a respeito do comportamento dos grãos em função de diferentes condições de temperatura e umidade auxilia na tomada de decisões sobre o armazenamento seguro por períodos mais prolongados, reduzindo as perdas qualitativas dos grãos.

Com base no exposto o objetivo do presente trabalho consiste em desenvolver uma ferramenta computacional para auxiliar no cálculo da umidade de equilíbrio de diferentes produtos agrícolas, submetidos a diferentes condições de temperatura e umidade.

## MATERIAL E MÉTODO

O programa computacional para a determinação da umidade de equilíbrio de produtos agrícolas  $U_{eGrão}$  foi desenvolvido usando a linguagem de programação C# no ambiente de desenvolvimento Integrado (IDE) Microsoft Visual C# 2010 Express.

Com base nos dados de entrada, temperatura e umidade relativa do ar e tipo de produto armazenado, foi calculada a umidade de equilíbrio dos grãos de acordo com a Equação de Chung-Pfost (Equação 1), mostrada abaixo.

$$U_e = -\frac{1}{B} \times \ln \left[ -\frac{(T+C)}{A} \times \ln(U_r) \right] \quad (1)$$

Sendo:

$U_e$  – Umidade de equilíbrio em base seca (decimal);

$T$  – Temperatura do ar (°C);

$U_r$  – Umidade relativa do ar (decimal);

$A, B, C$  – Parâmetros empíricos da Equação, variando em função de cada produto.

Na Tabela 1 podem ser vistos os parâmetros empíricos da Equação de

Chung-Pfost para diversos produtos agrícolas.

Tabela 1. Parâmetros da Equação de Chung-Pfost para diversos produtos

Produto	A	B	C
Cevada	761,74	19,889	91,323
Feijão	671,78	14,964	120,098
Milho	312,31	16,958	30,205
Amendoim em grão	254,98	29,243	33,892
Arroz em casca	594,65	21,733	35,703
Sorgo	1099,68	19,644	102,849
Soja	138,45	14,967	24,576
Trigo (durum)	921,69	18,077	112,350
Trigo (hard)	529,45	17,609	50,998
Trigo (soft)	725,89	23,607	35,662

Fonte: NAVARRO & NOYES (2001)

A umidade de equilíbrio calculada pela Equação (1) é convertida para base úmida através da relação apresentada na Equação (2).

$U_{e_{bu}}$  – Umidade de equilíbrio em base úmida (%);

$U_{e_{bs}}$  – Umidade de equilíbrio em base seca (%).

$$U_{e_{bu}} = \frac{100 * U_{e_{bs}}}{100 + U_{e_{bs}}} \quad (2)$$

Sendo:

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa é dividido em duas partes. A primeira corresponde aos campos de entrada de dados, que servirão de parâmetro para o cálculo da umidade de equilíbrio dos grãos. Na segunda parte

ocorre o processamento desses dados e a exibição dos resultados. A execução do programa obedece às etapas mostradas no fluxograma apresentado na Figura 1.

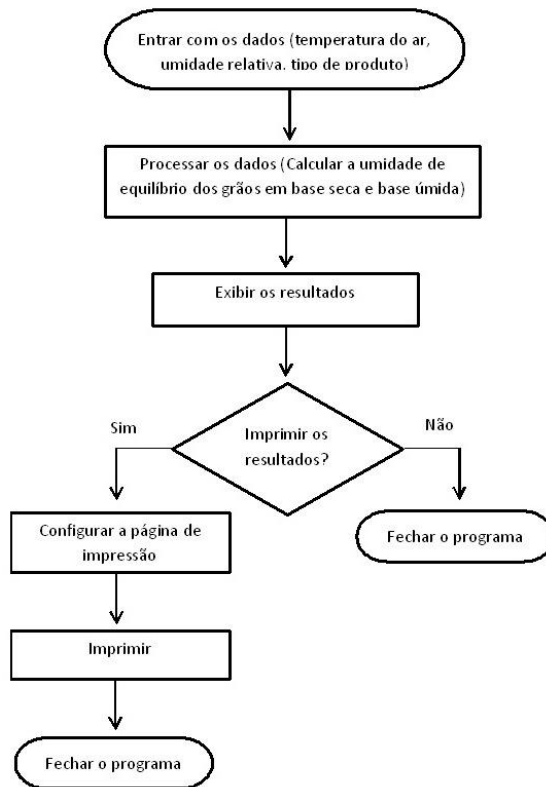


Figura 1. Fluxograma de execução do programa

A primeira etapa de execução do programa consiste na entrada de dados, que é feita de forma manual. Nesta etapa o usuário informa os valores de temperatura do ar, umidade relativa do ar e o produto que está sendo armazenado. A etapa seguinte consiste no processamento desses dados de entrada, que é feito automaticamente pelo algoritmo do programa, relacionando os dados de entrada nas Equações 1 e 2 para o cálculo da umidade de equilíbrio, em base úmida e base seca, do produto armazenados nas condições informadas. Após o processamento dos dados, os resultados são exibidos na janela principal do

programa. Por fim o usuário tem a opção de imprimir os resultados. Caso opte por imprimir os resultados é aberta uma página para configuração da impressão.

A interface gráfica do programa é dividida basicamente em três janelas. A primeira delas apresentada na Figura 2, consiste na janela de inicialização do programa, a partir da qual é aberta a janela principal (Figura 3). Na janela principal é feita a entrada de dados e o processamento para o cálculo da umidade de equilíbrio do produto selecionado. A última janela (Figura 4) consiste em uma janela de informação, trazendo uma apresentação mais detalhada do software desenvolvido.

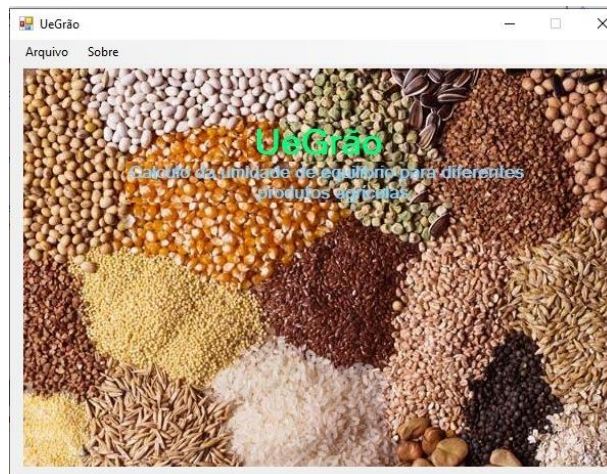


Figura 2. Janela de abertura do programa

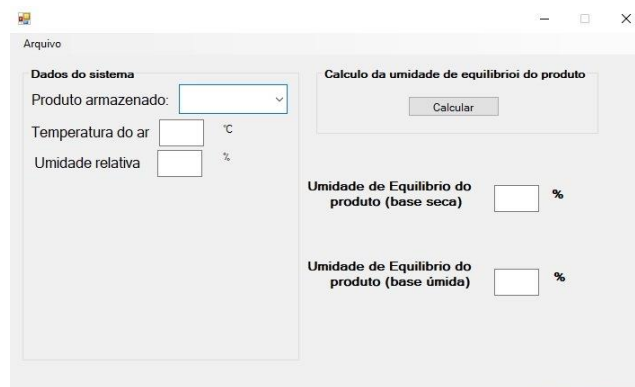


Figura 3. Janela principal do programa



Figura 4. Janela de informação do programa

Com base nas informações de temperatura e umidade relativa do ar, inseridas na janela principal do programa e da seleção do produto armazenado, é feito

então o cálculo da umidade de equilíbrio dos grãos e o resultado é exibido tanto em base seca quanto em base úmida, como pode ser visto na Figura 5.



Figura 5. Cálculo da umidade de equilíbrio para milho

## CONCLUSÕES

O programa computacional desenvolvido é de fácil manuseio e bem intuitivo para o usuário, constituindo uma ferramenta útil que pode ser usada por pesquisadores, estudantes e produtores, para avaliar as condições de seus produtos armazenados.

Essa é uma versão inicial do programa, onde as entradas de dados e o comando de processamento desses dados são feitos de forma manual. Os

desenvolvedores estão trabalhando em novas atualizações, para que o software possa se comunicar com um sistema de aquisição de dados (sensores de temperatura e umidade relativa) e controle e automação, para avaliação das condições de armazenagem em tempo real e tomada de decisão para controle dos processos de secagem a aeração dos grãos, baseada na umidade de equilíbrio desses produtos nas condições verificadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R.; Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13(5):606-613, 2009.

EBC – Empresa Brasil de Comunicação; Brasil deverá ter produção recorde de grãos na safra 2019/2020. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-10/primeiro-levantamento-de-safra-20192020-indica-producao-recorde>

CARVALHO, D.; SILVA, F. S.; SILVA, E. C. D. F.; ANTUNES, V. M.S.; **Análise e determinação da umidade de equilíbrio higroscópico de grãos e da farinha de trigo na temperatura de 50°C**. In: Anais – VII Conferência Brasileira de Pós-Colheita, Londrina – PR, outubro 2018. Trabalho 108: 835-839,

2018. Disponível em: [http://eventos.abrapos.org.br/anais/paperfile/910\\_20181103\\_03-02-16\\_881.pdf](http://eventos.abrapos.org.br/anais/paperfile/910_20181103_03-02-16_881.pdf)

CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RESENDE, O.; RIBEIRO, D. M.; Obtenção e modelagem das isotermas de dessorção e do calor isostérico de dessorção para grãos de trigo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.7(1):39–48, 2005.

NAVARRO, S.; NOYES, R.; The mechanics and physics of modern grain aeration management. CRC Press, New York, 647p., 2001.

PARAGINSKI, R. T.; JAQUES, L. B. A.; ELY, A.; HAEBERLIN, L. MEDEIROS, E. P.; Efeitos da Temperatura e da umidade dos grãos de milho nos parâmetros de qualidade tecnológica. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v.4(3):409-420, 2018.

SILVA, J. S.; BERBET, P. A.;  
AFONSO, A. D. L.; RUFATO, S.;  
**Qualidade dos grãos.** In: Secagem e  
armazenagem de Produtos Agrícolas:  
Cap.4:64-105, 2008.

SILVA, H. W.; COSTA, L. M.;  
RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C. de;  
SOARES, R. S.; VALE, L. S. R.  
Higroscopicidade das sementes de  
pimenta. **Revista Brasileira de  
Engenharia Agrícola e Ambiental,**  
v.19(8):780–784, 2015.